Versuche über den Tonus des Blasenschliessmuskels.

Von

Dr. Rudolf Heidenhain und Dr. August Colberg
in Halle.

(Hierzu Taf. XVI.)

Vor zwei Jahren hat der Eine von uns [1]) durch Versuche nachgewiesen, dass die eine Zeit lang unter den Physiologen sehr allgemein verbreitete Lehre vom Muskeltonus für die willkürlichen quergestreiften Muskeln abgewiesen werden muss. Untersuchungen von Auerbach [2]) und Wundt [3]) haben seitdem das Resultat jener Experimentalarbeit bestätigt, welches dahin lautete, dass die animalen Muskeln keinen vom Nervensysteme abhängigen Tonus besitzen.

Was die vegetativen Muskeln betrifft, so waren über einen etwaigen Tonus derselben keine directen Versuche angestellt worden, doch wurde aus mehreren Grüuden ein Tonus der Sphincteren für sehr wahrscheinlich gehalten. Die hierauf bezügliche Stelle der oben erwähnten Arbeit lautet: [4]) „Man hat das Verhalten der Sphincteren als Beweis für eine continuirliche, unwillkürliche, vom Rückenmarke abhängige, also

1) R. Heidenhain, Physiologische Studien. Berlin 1856. Art. I „Historisches und Experimentelles über Muskeltonus."

2) Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. 1856.

3) Die Lehre von der Muskelbewegnng von Wilh. Wundt. Braunschweig 1858, p. 44 u. f.

4) a. a. O. p. 30.

„tonische“ Action angeführt. Und es ist dies in der That ein Factum, dem sich Nichts entgegenstellen lässt..... Dem unbefangen Urtheilenden drängt sich die Annahme auf, dass die Sphincteren in einer continuirlichen unwillkürlichen Thätigkeit begriffen sind.“

L. Rosenthal[1]) citirt in seiner unter v. Wittich's Leitung geschriebenen Inaugural-Dissertation diese Sätze und veröffentlicht zur Widerlegung derselben Versuche, welche (wir halten uns an den Schliessmuskel der Blase) in folgender Weise an todten Thieren angestellt wurden. Nach Unterbindung eines Harnleiters wurde in den andern eine Messingcanüle eingesetzt, die mit einem langen Gummischlauche in Verbindung stand. Der letztere war mit seinem andern Ende an einen Glastrichter befestigt, der mit Wasser angefüllt wurde. Das Wasser drang in die Blase und füllte diese unter einem Drucke, welcher durch den jedesmaligen senkrechten Abstand zwischen dem Wasserniveau in dem Trichter und derjenigen Horizontalebene, in welcher die Blase lag, gegeben war. Durch allmählige Vergrösserung dieses Abstandes konnte der Druck in der Blase so weit gesteigert werden, dass der Schliessmuskel sich öffnete und das Wasser aus der Harnröhre herauszutröpfeln begann. Derjenige Druck, bei welchem das Wasser zuerst abfloss, gab das Maass für die Kraft, welche zur Eröffnung des Blasenschliessmuskels nöthig war. Es fand sich nun an todten Kaninchen, dass ein Druck von 90 — 100 Centimeter Wasser nöthig war, um den Sphincter zu eröffnen. Daraus wurde geschlossen: „Da die Blase unter Umständen, wo von keinem Sphincteren-Tonus die Rede ist, Wasser unter einem Drucke zurückhalten kann, der im Leben kaum jemals übertroffen wird, ist die Annahme eines Sphincteren-Tonus überflüssig.“ Es wird die Ansicht aufgestellt, dass der Sphincter die Function, die Blase zu schliessen, vermöge seiner blossen Elastizität vollzieht.

---

1) De tono musculorum tum eo imprimis, qui sphincterum tonus vocatur. Diss. inaug. Regimonti Pr. 1857.

Wären die Versuche, auf welche sich der obige Ausspruch stützt, tadelfrei, so würden sie allerdings ein Gewicht gegen den Tonus in die Wagschale legen, obschon sie die Frage nicht entscheiden können. Denn es bliebe immer noch die Annahme, dass der Sphincter im lebenden Thiere einen noch höhern Druck zu tragen im Stande ist, als jenen am todten Thiere gemessenen, — eine Annahme, welcher a priori um so weniger etwas im Wege steht, als der Druck, bis zu welchem sich die Blase im lebenden Thiere füllen kann, niemals ermittelt worden ist. Wir werden nun aber im Folgenden nachweisen, dass sich in jene Versuche selbst unbegreifliche Irrthümer eingeschlichen haben, die ihnen jeden Werth in Bezug auf die obschwebende Frage nach dem Sphincteren-Tonus nehmen.

Bevor wir zur Erörterung unserer Versuche übergehen, müssen wir noch einige Worte über die Bezeichnung „Tonus" vorausschicken. Wir werden darthun, dass der Schliessmuskel der Blase im lebenden Thiere einen beträchtlich höhern Druck zu tragen im Stande ist, als unmittelbar nach dem Tode, und glauben demnach diesem Muskel einen „Tonus" zuschreiben zu dürfen. Diese Bemerkung ist nöthig gegenüber einer Auslassung von Wundt, in welcher dieser Forscher sich über die Sphincteren-Thätigkeit ausspricht.[1]) Soweit wir ihn verstehen, nimmt er eine continuirliche, willkürliche, vom Nervensystem abhängige Thätigkeit der Sphincteren an. Er bestreitet aber, dass diese Thätigkeit eine tonische genannt werden dürfe. Denn eine continuirliche Thätigkeit sei es nicht allein, die zum Wesen des Tonus gehören soll, sondern es sei zugleich der geringe Grad der Erregung für den Tonus charakteristisch. „Nun befinden sich aber die Sphincteren stets in dem gewöhnlichen Maasse ihrer Thätigkeit, es giebt bei ihnen keinen Wechsel zwischen der scheinbaren tonischen Ruhe und einem stärkern Grade der Zusammenziehung; der einzig mögliche Wechsel ist der Uebergang in den erschlafften Zustand, wie dies beim sph.

1) a. a. O. p. 45.

ani z. B. nach Verletzungen des Rückenmarkes, bisweilen auch in der Narcose stattfindet. Damit, dass die Contraction der Sphineteren unwillkürlich und unbewusst vor sich geht, ist für ihre tonische Natur, wie sich von selbst versteht, gar Nichts bewiesen." Wundt will also die Bezeichnung des Tonus für eine continuirliche, unwillkürliche, vom Nervensysteme abhängige Thätigkeit der Muskeln nur dann gelten lassen, wenn die Muskeln zu gewissen Zeiten in eine stärkere Contraction gerathen, als es jene unwillkürliche Zusammenziehung ist. Selbst wenn wir dieser Einschränkung des Tonusbegriffes beipflichten wollten, wüssten wir nicht, woher Wundt die Gründe nimmt, die Möglichkeit einer zeitweiligen Verstärkung der Thätigkeit der Schliessmuskeln über das „gewöhnliche Maass" zu bestreiten. Uns sind solche Gründe aus der Physiologie nicht bekannt. Es scheint im Gegentheile mehr als wahrscheinlich, dass zu gewissen Zeiten, wenn den Schliessmuskeln grössere Leistungen zugemuthet werden, eine Verstärkung ihrer Thätigkeit eintritt. Doch abgesehen hiervon können wir nach der ganzen historischen Entwickelung des Tonusbegriffes es nicht zugeben, dass der relativ geringe Grad der Muskelthätigkeit ein wesentliches Merkmal für die „tonische" Action sei. Wesentlich und für die allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie wichtig sind zwei Momente, welche der „Tonus" implicirt, erstens die Fähigkeit der Centralorgane, ununterbrochen ohne Willensimpuls erregend zu wirken, zweitens die Fähigkeit der Nerven und Muskeln, anhaltend thätig zu sein. Diese beiden Punkte sind bei jener Frage auch immer in den Vordergrund getreten; auf den Thätigkeitsgrad ist höchstens insofern ein Accent gelegt worden, als da, wo an Muskeln anhaltende unwillkürliche Thätigkeit neben der zeitweisen willkürlichen angenommen wurde, erstere evident geringer sein musste als letztere. Es ist aber nie ausgesprochen worden, dass wo nur jene erstere Thätigkeit vorkäme, diese deshalb nicht als „tonische" bezeichnet werden dürfe. Wir glauben demnach im Rechte zu sein, wenn wir von einem Tonus des Blasenschliessmuskels in dem Sinne reden, dass wir dar-

unter eine unwillkürliche, continuirliche, vom Nervensysteme abhängige Zusammenziehung des Muskels verstehen, — die eben manche Physiologen mit Rücksicht auf den Mangel des Tonus bei den animalen Muskeln zu leugnen geneigt sind.

Unsere Versuche wurden nach zwei Methoden angestellt, von denen nur die zweite recht schlagende Resultate gab. Doch berücksichtigen wir auch die erste Methode, weil sich auch aus dieser schon gewisse brauchbare Schlüsse ziehen liessen.

I. Die Thiere wurden mit dem Rücken auf ein Brett gebunden, die Bauchdecken durch einen ausgiebigen Längs- und Querschnitt so weit getrennt, dass die Bauchpresse nicht mehr auf die Blase wirken konnte, dann der eine Harnleiter unterbunden und in den andern eine mit einem Zahne versehene Canüle eingesetzt, die andrerseits durch einen Gummischlauch mit dem untern Ende einer nach Millimetern graduirten Glasröhre in Verbindung stand. Die letztere, vertikal an einem passenden Gestelle befestigt, diente als Wassermanometer. Wir füllten die Röhre mit Wasser von beiläufig 35—40° C. so hoch, dass die Blase unter eine stärkere Spannung gerieth, als der Schlussfähigkeit des Sphincter entsprach. Die Folge war, dass aus der Harnröhre ununterbrochen Wasser abfloss. Da aber der Abfluss aus der Blase durch Zufluss aus dem Manometerrohre ersetzt wurde, musste die Wassersäule in dem letzteren sinken. Wir hofften, es werde schliesslich ein fester Stand des Wassermanometers eintreten, entsprechend dem Drucke, welchen der Schliessmuskel des lebenden Thieres vermöge seiner elastischen Kraft vermehrt um die von uns vorausgesetzte tonische Contractionsgrösse zu tragen vermochte. War dies erreicht, so beabsichtigten wir durch Blausäurevergiftung die tonische Action des Schliessmuskels zu vernichten, so dass er dem Wasserdrucke nur noch vermöge seiner Elastizität Widerstand leistete. War Tonus vorhanden, so musste mit dessen Wegfall nach der Vergiftung der Sphincter sich öffnen und so lange Wasser abfliessen, bis das Manometer zu demjenigen Drucke gesunken war, welcher der elastischen

Kraft des Muskels gleich war. Dieser Gang der Dinge musste erwartet werden, wenn unsere Hypothese sich bewährte. War sie dagegen falsch, schloss der Sphincter, wie v. Wittich und Rosenthal aus ihren Versuchen ableiteten, nur vermöge seiner Elastizität, so musste er nach dem Tode im Stande sein, dieselbe Wassersäule zu tragen, die er während des Lebens getragen hatte, er durfte sich nach der Vergiftung nicht öffnen, das Manometer also nach dem Tode nicht sinken. — So einfach diese Betrachtung war, so lehrte die Erfahrung bald, dass wir einen Punkt übersehen hatten, welcher in den Verlauf des Versuches sehr störend eingriff. Die Thiere entleerten nämlich ab und zu während des Experimentes die Blase mehr oder weniger vollkommen durch Contraction des Detrusor. Die Wassersäule im Manometer sank, während das Wasser aus der Blase floss, sie sank aber auch noch, wenn der Sphincter wieder schloss, weil die entleerte Blase sich von Neuem auf Kosten des Manometers füllte, und dieses Sinken war ziemlich beträchtlich, weil das Lumen der Glasröhre ziemlich enge war im Verhältniss zum Rauminhalte der Blase. Kaum hatte sich ein constanter Manometerstand wiederhergestellt, so wiederholte sich der Vorgang von Neuem, bis das Thier durch mehrfache Entleerungen der Blase das Glasrohr zum grossen Theile gleichsam ausgepumpt hatte. Die Blasenentleerungen hörten erst dann auf, wenn die Druckhöhe im Manometer verhältnissmässig sehr niedrige Werthe erreicht hatte, wie es scheint, weil erst dann die Spannung der Blase dem Thiere nicht mehr unbequem war. Auf diesem Punkte blieb dann die Druckhöhe längere Zeit constant. Wurde jetzt vergiftet, so öffnete sich nach einiger Zeit, ohne dass eine active Contraction der Blase bemerklich gewesen wäre, der Sphincter, und das Manometer sank noch etwas, doch meistens nur wenig, offenbar weil durch die voraufgegangenen Blasenentleerungen die Druckhöhe schon der Grenze nahe gebracht war, welche dem elastischen Widerstande des Schliessmuskels entsprach.

Um trotz dieser störenden Schwierigkeiten wenigstens zu

einer vorläufigen Ansicht über die obschwebende Frage zu gelangen, verfuhren wir folgendermaassen: die Manometerröhre wurde bis zum Scalenstriche 500—600 mit Wasser gefüllt und dann in Zeiträumen von 30 zu 30 Secunden die Niveauhöhe in derselben abgelesen und danach Curven construirt, wie sie auf der beigefügten Tafel verzeichnet sind. Nehmen wir zur Erörterung die Curve II a. Die Ordinatentheile entsprechen je 10 Mm., die Abscissentheile je 30 Sec. Die Blase lag ungefähr im Niveau des 150sten Theilstriches der Scala (ganz genau ist dies Niveau der Blase natürlich nicht anzugeben, weil der Höhendurchmesser derselben einen Raum von mehreren Millimetern umfasste). In der ersten Minute der Beobachtung sank die Wassersäule schnell von 500 Mm. auf 490 Mm., dann blieb sie eine Minute lang auf constanter Höhe, der Sphincter vermochte also einen Druck von 490 – 150 = 340 Mm. zu tragen. Dann erfolgte eine Entleerung der Blase, nach welcher sie sich allmählig auf Kosten des Manometers wieder füllte, während die Druckhöhe innerhalb der nächsten 7 Minuten schnell sank. Darauf blieb der Druck eine halbe Minute auf fast constanter Höhe, um nach neuer Blasenentleerung wiederum schnell zu sinken u. s. f. Ein fester Stand von längerer Dauer trat erst 24 Minuten nach Beginn der Beobachtung ein, in der Höhe von 244 Mm. Als dieser Druck 6 Minuten constant geblieben war, wurde das Thier vergiftet (das + bezeichnet die halbe Minute, in welcher die Blausäure in den Mund getröpfelt wurde). Das unbedeutende Sinken des Druckes unmittelbar nach der Vergiftung kommt wohl auf Rechnung einer geringen Lagenveränderung des Thieres. 5 Minuten nach Darreichung der Blausäure — das Thier war bereits vollkommen regungslos — öffnete sich der Schliessmuskel und nun sank das Manometer, während das Wasser allmählig aus der Blase auströpfelte, auf 208 Mm., um hier stehen zu bleiben. An der Blasenwand war keine Spur einer Contraction bemerklich, das Wasser wurde mithin nicht durch den Detrusor ausgetrieben. Der Sphincter des todten Thieres hatte in diesem Falle die Fähigkeit, vermöge seiner blossen Elastizität

einem Drucke von 208 – 150 = 58 Mm. zu widerstehen. Welchen Druck konnte aber der Schliessmuskel des lebenden Thieres tragen? Jedenfalls mindestens den von 244 – 150 = 94 Mm., denn auf 244 Mm. war ja die Druckhöhe im Manometer längere Zeit stehen geblieben. Die tonische Action des Sphincter würde also mindestens 94 – 58 = 36 Mm. gleichzusetzen sein. Nun ist es aber augenscheinlich, dass diese Grösse eine durchaus unrichtige sein muss. Die Blase des lebenden Thieres steht gewiss sehr häufig unter höherem Drucke als dem von 94 Mm. Wir können aus der vorliegenden Beobachtung nur schliessen, dass die Widerstandsfähigkeit des lebenden und des todten Schliessmuskels eine verschiedene ist, ein Schluss auf die Grösse des Unterschiedes aber ist deshalb nicht erlaubt, weil die Blase durch Entleerungen vermittelst Zusammenziehung des Detrusor und die damit verbundene allmählige Auspumpung des Manometers sich selbst unter einen sehr geringen Druck setzte. Freilich haben wir im Verlaufe der Beobachtung zwei Punkte, wo der Sphincter eine kurze Zeit lang unter höherm Drucke schloss, bei 490 und 325 Mm. Allein wir wagen nicht, diese Zahlen zum Ausgange für die Berechnung der tonischen Action zu nehmen, einmal, weil die Zeit, während welcher jener Druck getragen wurde, sehr kurz ist und deshalb die Beobachtung nicht die wünschenswerthe Sicherheit hat, zweitens, weil in anderen Versuchen das Manometer bei höheren Druckwerthen gar nicht zu Ruhe kam, der abwechselnden Entleerungen und Wiederanfüllungen der Blase wegen.

Immerhin dürfen wir schon nach dem Bisherigen die Annahme machen, dass ein Tonus vorhanden sei, und um so sicherer, wenn wir noch den folgenden Versuch in Betracht ziehen. Wir füllen nach dem Tode des Thieres von Neuem das Manometer auf 550 Mm. und beobachten den Stand der Wassersäule in Zwischenräumen von je 30 Secunden. Da der Sphincter des todten Thieres nicht eher schliesst, bis der Druck auf die der blossen Elastizität desselben entsprechende Grösse gesunken ist, fliesst das Wasser ununterbrochen aus der Blase ab. Die Curve II b giebt die Veränderungen des

Manometerstandes. Sie geht mit sehr viel grösserer Steilheit abwärts, als die Curve II a, und nicht eher der Abscisse auch nur annähend parallel, bis nahezu derjenige Druck erreicht ist, welcher dem Ende der letzteren Curve entspricht. Am lebenden Thiere hatte die Wassersäule im Manometer 24 Minuten gebraucht, um von 505 Mm. auf 244 Mm. zu sinken, am todten Thiere waren nur $3^1/_2$ Minute zum Herabsinken von 550 auf 204 Mm. nöthig. Hieraus, wie aus der ganzen Form der Curven a u. b folgt, dass sich im lebenden Thiere dem Ausfliessen des Wassers aus der Blase Widerstände entgegengestellt haben, welche im todten Thiere nicht mehr vorhanden waren. Dass trotz jener grössern Widerstände das Manometer so tief herabsank, hatte seinen Grund darin, dass zur Ueberwindung derselben die zeitweilige Thätigkeit der Muskulatur der Blasenwand mitwirkte.

Die Curven I und III sind auf ähnliche Weise gewonnen und nach den bisherigen Erörterungen selbstverständlich. Bei I lag die Blase in der Höhe des 140sten Scalenstriches, es siud also von den verzeichneten Druckwerthen 140 Mm. abzuziehen, bei III war der Blasenstand 50 Mm. Die Curve III b wurde nur soweit beobachtet, bis das Manometer denjenigen Stand erreicht hatte, auf welchem es im lebenden Thiere constant blieb.

Berechnen wir nach den vorliegenden drei Versuchen diejenigen Druckwerthe, welche der (elastischen) Kraft des Sphincter am todten Thiere entsprechen, so erhalten wir für

I 166 – 140 = 26 Mm.
II 208 – 150 = 58 Mm.
III 80 – 50 = 30 Mm.

Nach v. Wittich und Rosenthal soll der Blasenschliessmuskel todter Kaninchen 900—1000 Mm. tragen. Die Differenz zwischen diesen Zahlen und den unsrigen ist der Art, dass entweder bei jenen Forschern oder bei uns unbegreifliche Irrthümer ins Spiel gekommen sein müssen. Wir berufen uns darauf, dass wir ausser jenen drei Versuchen noch 8 Versuche an weiblichen Kaninchen angestellt haben, in welchen der Druck, der vom Sphincter des todten Thieres

getragen wurde, 25—80 Mm. betrug, ferner zwei Versuche an männlichen Kaninchen mit dem Resultate 130 u. 150 Mm., einen Versuch an einem weiblichen Hunde mit dem Ergebnisse 130, endlich einen an einem männlichen Hunde, welcher 380 Mm. ergab. Wir sind also niemals auch nur annähernd zu Werthen gekommen, wie v. Wittich und Rosenthal. Die Zahl unserer Versuche sichert uns vor Irrthümern und die Resultate jener Experimentatoren sind uns nach unsern Erfahrungen unverständlich. Es wurde von ihnen nur an todten Thieren operirt; wir kamen auf die Vermuthung, dass vielleicht bei den Versuchen der Schliessmuskel im Uebergang zur Todtenstarre oder in diesem Zustande selbst befindlich und deshalb einen so abnorm hohen Druck zu tragen im Stande gewesen sei. Allein das Kaninchen Nr. 6 der später aufzuführenden Tabelle, dessen Sphincter unmittelbar nach dem Tode sich schon unter einem Drucke von 25 Mm. öffnete, liessen wir 6 Stunden lang todt liegen. Um diese Zeit waren alle Extremitätenmuskeln in Starre begriffen; das Wasser tropfte nach wie vor aus der Blase bei 25 Mm. Druck ab. Ein anderes Kaninchen wurde getödtet und, ohne vorgängige Versuche an der Blase, 20 Stunden lang liegen gelassen: der Sphincter öffnete sich bei 35 Mm. Druck. Ein seit 18 St. todter männlicher Hund gab 140 Mm. Aus diesen Versuchen geht hervor, dass es nicht Veränderungen der Elastizität des Schliessmuskels nach dem Tode gewesen sein können, durch welche v. Wittich u. Rosenthal getäuscht wurden. Der Grund des Irrthums muss in andern Umständen liegen, die zu ermitteln wir ausser Stande waren.

II. Die erste Untersuchungsreihe hatte es, um recht vorsichtig zu sein, in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass der Blasensphincter des lebenden Thieres einen Tonus besitzt, sie erlaubte aber keinen Schluss auf die Grösse der Kraft, mit welcher der tonisch contrahirte Muskel die Blase schliesst. Die Ursache, welche es verhinderte, zu dieser Bestimmung zu gelangen, lag darin, dass das Thier durch häufige Contraction des Detrusor das Manometer allmählig entleerte und so die Blase im Laufe des Versuches auf einen

sehr viel geringeren Druck setzte, als ihn der Schliessmuskel in maximo zu tragen im Stande war. Zur Vermeidung dieser Uebelstände wurden zwei Abänderungen in den Versuchen getroffen. Erstens wurden die Thiere nach Eröffnung der Bauchhöhle durch Injection von etwas Opiumtinctur in den Darm soweit narcotisirt, dass sie während des Versuches ruhig lagen und fast keine willkürlichen Bewegungen machten. In diesem Zustande der Thiere unterblieben in den meisten Fällen die durch Zusammenziehungen der Muskeln der Blasenwand hervorgebrachten Blasenentleeruugen, womit ein grosses Hinderniss der früheren Versuche hinfortgeräumt war. Freilich wurde durch die Narcotisirung möglicherweise die tonische Thätigkeit des Schliessmuskels herabgesetzt. Wir müssen demnach die Möglichkeit offen lassen, dass die später anzugebenden Werthe für dieselbe zu gering sind. Zweitens wurde ein mehr zweckmässiger Druckapparat angewandt, von welchem aus sich die Blase füllen konnte, ohne dass eine in Betracht kommende Druckerniedrigung stattfand. Ein vertikal stehender, mit Millimeterscala versehener Holzpfeiler trug einen horizontalen, durch eine Schraube aufwärts und abwärts beweglichen Arm, in welchen ein recht weiter Glastrichter senkrecht eingeklemmt war. Von seinem unteren Ende führte ein langer Gummischlauch zu einem Hahne, der an die in dem einen Harnleiter befindliche Canüle angeschraubt werden konnte. Von dem Ausflussrohre des Trichters ging rechtwinklig eine horizontale Glasröhre ab, die an ihrem Ende vertikal aufgebogen war und bis zur Höhe des obern Trichterrandes reichte. Der vertikale Schenkel war mit einer Millimeterscala versehen und diente als Druckmesser für den Trichter, um den Wasserstand in demselben genauer controlliren zu können, als dies unmittelbar an dem Trichter möglich gewesen wäre. Die im Verhältnisse zum Blaseninhalte beträchtliche Weite des Trichters bedingte es, dass sich auf Kosten des in ihm enthaltenen Wassers die Blase füllen konnte, ohne dass das Wasserniveau in dem Trichter merklich sank. Sobald sich an dem vertikalen Druckmesser eine Senkung des Wasserniveaus zeigte,

wurde durch Nachfüllen das frühere Niveau wiederhergestellt. Auf diese Weise hing der Druck in der Blase nur von der Höhe ab, in welcher der horizontale Arm stand, der den Trichter trug.

Die Versuche wurden nun in folgender Weise angestellt. Zuerst wurde nach geschehener Anfüllung des Trichters mit warmem Wasser der am untern Ende des Gummischlauches befindliche Hahn offen neben der Blase des Thieres mit seiner Mündung senkrecht in die Höhe gehalten und durch Hin- und Herstellen des Horizontalarmes derjenige Theilstrich auf der Scala des vertikalen Pfeilers aufgesucht, bei welchem sich an der Mündung des Hahnes ein Wassertropfen zeigte. Bei diesem Stande musste das Wasserniveau im Trichter in gleicher Höhe mit der Blase befindlich sein, der gefundene Theilstrich gab also den Nullpunkt für die späteren Druckablesungen. Dann wurde der Hahn in die im Harnleiter befindliche Canüle geschraubt, der Horizontalarm 50 Mm. höher gestellt und so die Blase unter dem Drucke von 50 Mm. gefüllt. Es wurde nun mit dem Horizontalarm in kleinen Sprüngen immer höher gegangen und bei jeder neuen Stellung desselben die vollständige Ausdehnung der Blase abgewartet. Endlich kam ein Punkt, wo der Schliessmuskel sich öffnete und einzelne Wassertropfen aus der Harnröhre flossen. Um sicher zu sein, dass der gerade bestehende Druck und nicht zufällige Nebenumstände, etwa eine geringe Contraction der Blase, die Oeffnung des Sphincter herbeiführten, wurde der Hahn geschlossen. Alsbald hörte das Tröpfeln auf, um bei Wiedereröffnung des Hahnes in kurzer Zeit von Neuem zu beginnen. Erst wenn dieses Experiment mehrmals gelungen, hielten wir uns zu der Annahme berechtigt, dass der eben bestehende Druck den Blasenschliessmuskel zu öffnen im Stande war. Wurde der Druck noch weiter gesteigert, so vermehrte sich die Ausflussmenge des Wassers. Doch gehen wir auf den ersten Druck zurück, bei welchem das Ausfliessen eben begann. Wir schliessen den Hahn: nachdem noch wenige Tropfen aus der Blase ausgetreten sind, hält der Schliessmuskel wieder. Die Blase ist jetzt

so weit gespannt, dass der Sphincter des lebenden Thieres gerade der Spannung das Gleichgewicht hält. Das Thier wird getödtet durch Vergiftung mit Blausäure oder durch Verblutung aus den Halsschlagadern. Während des Todeskampfes geschieht es mitunter, doch beobachteten wir es nur in wenigen Fällen, dass die Blase sich kräftig zusammenzieht und den Harn im Strahle austreibt. In der Mehrzahl der Fälle findet während des Sterbens keine Harnaustreibung statt. Wenn das Thier aber nach dem letzten Athemzuge einige Minuten vollkommen regungslos gelegen hat, zeigt sich, ohne irgend welche sichtbare Spur von Contraction an der Blase, ein Tropfen an der Oeffnung der Harnröhre, dem bald mehrere folgen, so dass ein mehr oder weniger grosser Theil des Blaseninhaltes ausfliesst, während die Blase im erschlafften Zustande zusammensinkt. Der Blasenschliessmuskel kann also im todten Thiere nicht dem Drucke Widerstand leisten, den er im lebenden Thiere trug. Aber welchen Druck hält er jetzt noch aus, ohne sich zu öffnen? Zur Beantwortung der Frage entleeren wir die Blase vollends künstlich durch Druck, gehen mit dem horizontalen Arme, welcher den Trichter trägt, auf den Nullpunkt zurück, öffnen den Hahn wieder und verfahren nach derselben Weise wie am lebenden Thiere, indem wir unter allmähliger Drucksteigerung die Blase füllen. So wird der Druck gefunden, bei welchem am todten Thiere das Harnträufeln beginnt. Mehrmals wurde mehrere Stunden nach dem Tode das unmittelbar nach demselben gefundene Ergebniss controllirt und stets bestätigt gefunden.

Auf diese Weise sind wir nun zu Werthen gelangt, die ich in der folgenden Tabelle wiedergebe.

	Thier, an welchem der Versuch angestellt wurde:	Druck, bei welchem das Harnträufeln begann, am lebenden Thiere:	Druck, bei welchem das Harnträufeln begann, am todten Thiere:	Differenz = Druck, welchen der Sphincter vermöge seiner tonischen Contraction trug:
1	Weibl. Kaninchen . .	335 Mm.	75 Mm.	260 Mm.
2	Weibl. Kaninchen . .	210 „	60 „	150 „
3	Weibl. Kaninchen . .	280 „	30 „	250 „
4	Weibl. Kaninchen . .	330 „	80 „	250 „
5	Weibl. Kaninchen . .	280 „	50 „	230 „
6	Weibl. Kaninchen . .	275 „	25 „	250 „
7	Weibl. Kaninchen . .	250 „	50 „	200 „
8	Männl. Kaninchen . .	300 „	150 „	150 „
9	Männl. Kaninchen . .	280 „	130 „	150 „
10	Weibl. Hund	680 „	130 „	550 „
11	Männl. Hund	730 „	380 „	350 „
12	Männl. Hund [1]) . . .	1160 „	200 „	960 „ ?

Die Zahlen dieser Versuche scheinen uns schlagend. Wir fügen nur noch folgende Bemerkungen hinzu:

1) Der Druck, unter welchem sich der Schliessmuskel des todten Thieres öffnet, ist in allen unseren Versuchen ausserordentlich viel geringer, als ihn v. Wittich und Rosenthal fanden. Wir haben uns über diese Verschiedenheit der Ergebnisse schon oben ausgesprochen. Hier ist nur noch hinzuzufügen, dass jener Druck, bei weiblichen Kaninchen (25–80 Mm.) geringer ist, als bei männlichen (130–150 Mm.), und bei einem weiblichen Hunde (130 Mm.) geringer als bei einem männlichen Hunde (380 Mm.). Dieser Unterschied bei den beiden Geschlechtern dürfte wohl eher mit den grösseren Widerständen zusammenhängen, welche die männliche

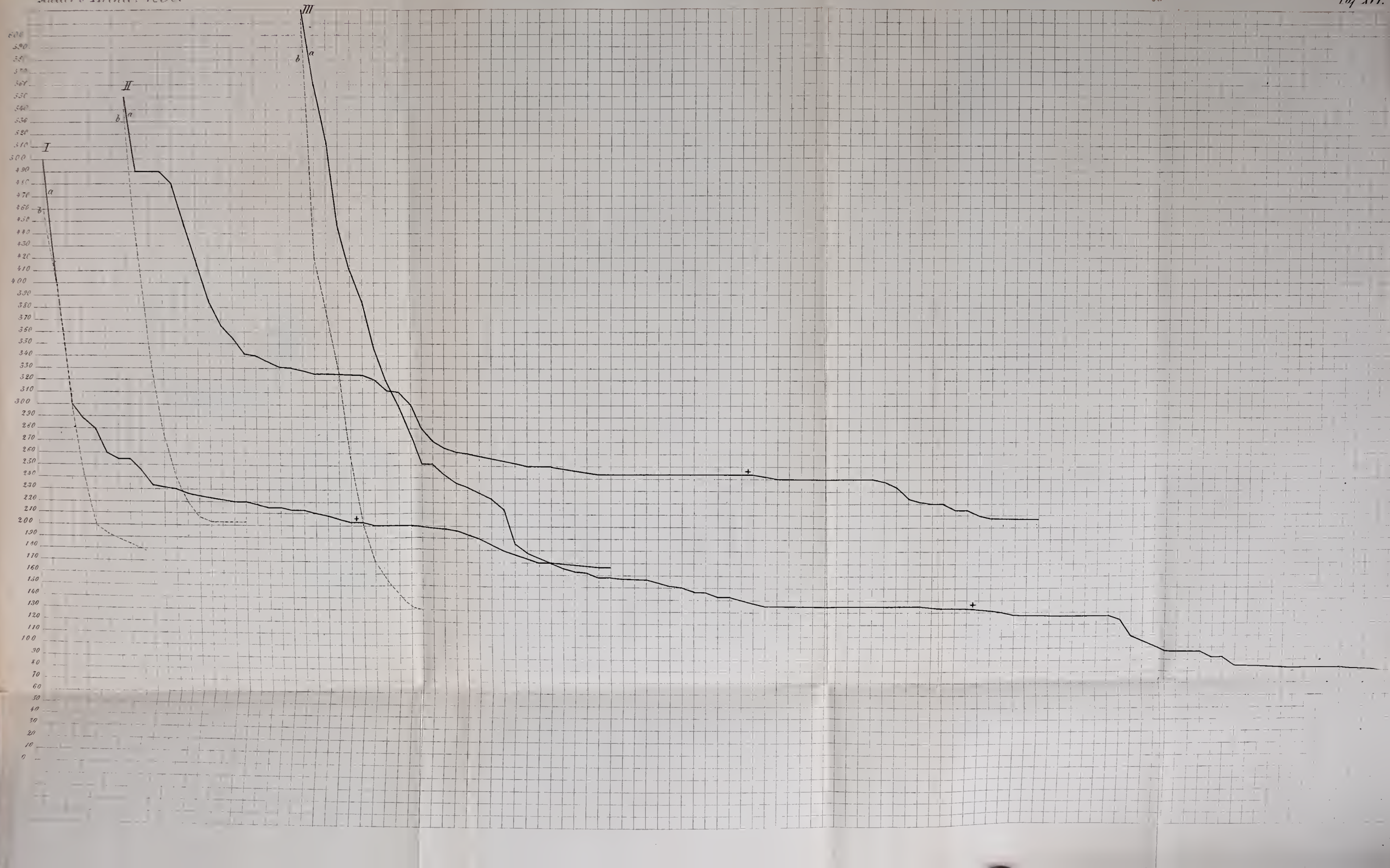
1) Diesem Versuche trauen wir nicht ganz, weil sich nach dem Tode die Canüle verstopfte und deshalb der Hahn unmittelbar in die Blase eingebunden wurde. Leicht möglich und wahrscheinlich, dass dadurch der Schliessmuskel auseinander gezerrt wurde.

Harnröhre dem Ausflusse entgegensetzt, als mit einer Verschiedenheit der elastischen Kraft des Sphincters. Wenn dies aber richtig ist, so folgt daraus, dass die Berechnung der tonischen Action des Schliessmuskels für männliche Thiere zu gering ausfällt im Vergleich zu den weiblichen Thieren. In der That fallen die Zahlen für die letzteren grösser aus, als für die ersteren.

2) Die Differenz der Widerstandsfähigkeit des Schliessmuskels im lebenden und im todten Thiere setzten wir auf Rechnung einer continuirlichen unwillkürlichen, also tonischen Contraction des Muskels. Dass sie in der That unwillkürlich ist, ergiebt sich aus dem Fortbestehen derselben bei Thieren, die soweit narcotisirt sind, dass alle willkürlichen Bewegungen aufgehört haben. Wo liegt aber das Centralorgan für die Thätigkeit des Schliessmuskels? Alle pathologischen Erfahrungen vereinigen sich zu beweisen, dass dasselbe im Rückenmarke gelegen ist und nicht etwa in peripherischen sympathischen Ganglien. Dieser Schluss wird unterstützt dadurch, dass die tonische Contraction des Schliessmuskels schon zu einer Zeit aufhört, wo die intestina, der uterus u. s. f. noch in lebhafter Bewegung begriffen sind. — Einen weiteren Anhaltspunkt für die Ermittelung der Lage des Centralorganes giebt vielleicht die folgende Beobachtung: Wie Kölliker in seinen Untersuchungen über die Gifte bemerkt, beginnt der Tod nach Blausäurevergiftung im Gehirn und geht von hier allmählig auf das Rückenmark über. Wir beobachteten constant an mit Blausäure vergifteten Thieren, dass mit dem Aufhören der willkürlichen Bewegungen die Pupille zuerst ausserordentlich weit wurde, fast bis zum Verschwinden der Iris; gleichzeitig hatten die Augenlider aufgehört, bei Reizung der Conjunctiva zu blinzeln. Etwas später verengt sich die Pupille wieder: erst noch später hört die tonische Thätigkeit des Schliessmuskels auf. Es scheint somit, dass zuerst die Hirnnervencentra gelähmt werden: deshalb bewirkt der Facialis nicht mehr Schliessung des Auges bei Reizung des Trigeminus, deshalb erweitert sich (in Folge

der Lähmung des Oculomotorius) die Pupille. Die spätere Pupillenverengerung beruht auf Lähmung des Centrum ciliospinale: wenn nämlich der Dilatator pupillae zu wirken aufhört, stellt sich diejenige Pupillenweite her, welche den elastischen Verhältnissen der Iris entspricht. Wenn der Blasensphincter erst später als der Dilatator pupillae gelähmt wird, so scheint sein Centralorgan noch ferner dem Gehirne gesucht werden zu müssen, als das des Iris-Erweiterers. Immerhin wagen wir aus diesen Beobachtungen keinen sichern Schluss zu ziehen, sondern sehen in ihnen nur Fingerzeige, die der Aufmerksamkeit werth sind.

Halle, den 15. Juli 1858.


I
II
III
a
b
b1
600
590
550
540
530
520
510
500
490
480
470
460
450
440
430
420
410
400
390
380
370
360
350
340
330
320
310
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0